

BEST AVAILABLE COPY

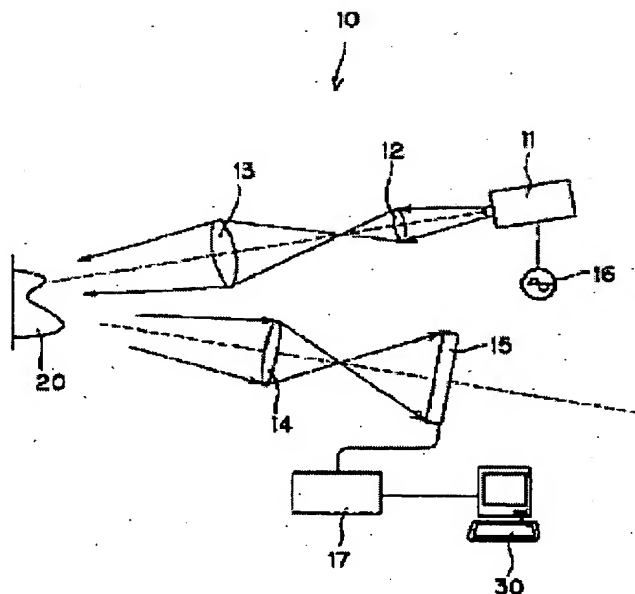
THREE-DIMENSIONAL SHAPE MEASURING APPARATUS

Patent number: JP2000121332
Publication date: 2000-04-28
Inventor: NISHIKAWA OSAMU
Applicant: FUJI XEROX CO LTD
Classification:
- international: G01B11/00; G01B11/24; G01S17/32; G06T7/00;
G01B11/00; G01B11/24; G01S17/00; G06T7/00; (IPC1-
7): G01B11/24; G01B11/00; G01S17/32; G06T7/00
- european:
Application number: JP19980291770 19981014
Priority number(s): JP19980291770 19981014

Report a data error here

Abstract of JP2000121332

PROBLEM TO BE SOLVED: To lower costs when distances to parts of a subject are measured based on reflected light from the subject by irradiating the subject with intensity-modulated light. **SOLUTION:** Intensity-modulated light emitted from a semiconductor laser 11 is made to irradiate a subject 20 with a projection lens 13 through a condensing lens 12 and the reflected light from the subject 20 forms an image with an imaging lens 14 on a photodetecting part 15 provided with a differential circuit to determine a difference between received light signals of adjacent two photodiodes. The received light signals obtained at the photodetecting part 15 are inputted into a distance distribution computing part 17 to determine distance distributions to the parts of the subject 20.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-121332

(P2000-121332A)

(43) 公開日 平成12年4月28日 (2000. 4. 28)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード* (参考)
G 0 1 B 11/24		G 0 1 B 11/24	C 2 F 0 6 5
	11/00		H 5 B 0 5 7
G 0 1 S 17/32		G 0 1 S 17/32	5 J 0 8 4
G 0 6 T 7/00		G 0 6 F 15/62	4 1 5

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平10-291770

(22) 出願日 平成10年10月14日 (1998. 10. 14)

(71) 出願人 000005496

富士ゼロックス株式会社

東京都港区赤坂二丁目17番22号

(72) 発明者 西川 修

神奈川県足柄上郡中井町境430 グリーン

テクなかい 富士ゼロックス株式会社内

(74) 代理人 100094330

弁理士 山田 正紀 (外1名)

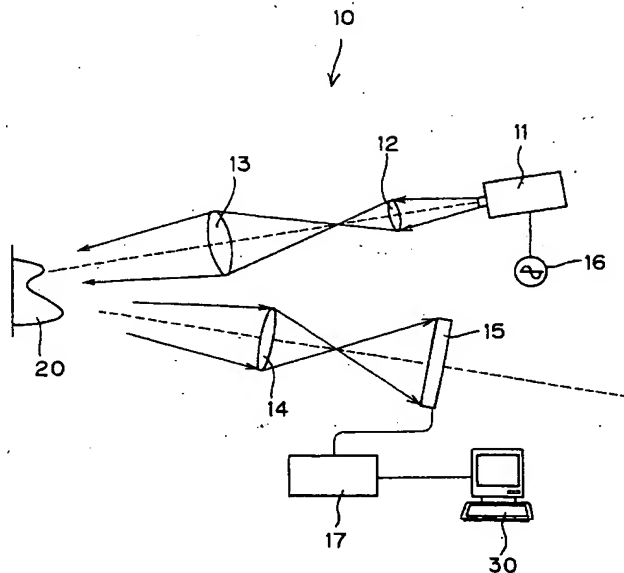
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 三次元形状測定装置

(57) 【要約】

【課題】 強度変調された光を被測定体に照射し、その被測定体からの反射光に基づいて、被測定体各部までの距離を測定する三次元形状測定装置に関し、コストの低減化が図られた三次元形状測定装置を提供する。

【解決手段】 半導体レーザー11から射出された強度変調光を、集光レンズ12を介して投影レンズ13で被測定体20に照射し、その被測定体20からの反射光を、隣接する2つのフォトダイオードの受光信号どうしの差分を求める差分回路を備えた受光部15に結像レンズ14で結像し、受光部15で得られた受光信号を距離分布演算部17に入力して被測定体20各部までの距離分布を求める。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 強度変調された光を射出する光源と、該光源から射出された強度変調光を被測定体に照射するための投影レンズと、複数の光センサが配列されてなる受光面を有する受光部と、被測定体からの反射光を前記受光面に結像させる結像レンズと、前記受光部で得られた受光信号に基づいて被測定体各部までの距離分布を求める距離分布演算部とを備えた三次元形状測定装置において、

前記受光部が、隣接する2つの光センサの受光信号どうしの差分を求める差分回路を備えたものであることを特徴とする三次元形状測定装置。

【請求項2】 前記受光部の受光面に並ぶ光センサが、前記差分回路を介在させるとともに、差分回路1つだけを介在させて隣接する光センサ以外の光センサどうしの場合にはさらに他の光センサを介在させて全て接続されることを特徴とする請求項1記載の三次元形状測定装置。

【請求項3】 前記受光部が、前記差分回路の出力信号のレベルをあらわす直流信号を生成する信号変換回路と、該信号変換回路から出力された直流信号を所定時間積分する積分回路とを備えたことを特徴とする請求項1記載の三次元形状測定装置。

【請求項4】 前記信号変換回路が、ピークホールド回路であることを特徴とする請求項3記載の三次元形状測定装置。

【請求項5】 前記信号変換回路が、整流回路であることを特徴とする請求項3記載の三次元形状測定装置。

【請求項6】 前記積分回路が、前記信号変換回路から出力された直流信号に対応する電流による電荷を蓄積する電荷蓄積回路であることを特徴とする請求項2記載の三次元形状測定装置。

【請求項7】 前記光源が、半導体レーザであることを特徴とする請求項1記載の三次元形状測定装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、三次元形状測定装置に関し、詳細には、強度変調された光を被測定体に照射し、その被測定体からの反射光に基づいて、被測定体各部までの距離を測定する三次元形状測定装置に関する。

【0002】

【従来の技術】三次元形状を測定する方式として、パッシブ方式とアクティブ方式の2つの方式が提案されている。パッシブ方式は、エネルギーを被測定体に放射することなしに形状を測定する方式であり、アクティブ方式は何らかのエネルギーを被測定体に放射しその反射を検出することによって形状を測定する方式である。

【0003】パッシブ方式の一つにステレオ方式がある。このステレオ方式は、2台のカメラをある間隔をお

いて設置し、設置した2台のカメラにより得られた2つの画像の視差から三角法により被測定体までの距離を測定する方式である。この方式は、画像として取り込むことができれば遠方までの距離を測定することができるという特長はあるが、模様のない滑らかな表面や繰り返し模様のある表面等を持つ被測定体の三次元測定を行なうことができないという問題がある。

【0004】一方、アクティブ方式の一つに光切断方式がある。この光切断方式は、スリット光をある角度で被測定体に照射し、それとは別の角度から撮影した画像から三角法により被測定体までの距離を測定する方式である。この方式は、比較的簡単な構成で実現できるという特長はあるが、スリット光を微少な角度単位で走査し、かつそのたびに別の角度から画像を撮影する必要があるため、測定に時間がかかるという問題がある。この問題を解決するために、光切断方式を応用した空間コード化方式が知られている。この空間コード化方式は、スリット光を何回も照射する代わりに、投影光のパターンをコード化することにより、少ない投影回数で被測定体までの距離を測定する方式であるが、それでも数回の撮影を行なう必要がある。

【0005】アクティブ方式には、1回の撮影で被測定体までの距離を測定することができる方式がいくつかある。そのうちの一つに、強度変調された光を被測定体に照射し、その被測定体からの反射光の位相分布を測定する方式がある。この方式を採用した三次元形状測定装置が、例えば、論文「An new active 3D-Vision system based on r f-modulation interferometry light」(SPIE Vol. 2588 1995年、126～134ページ参照)に詳しく述べられている。以下、この論文(第1の論文と称する)に述べられている三次元形状測定装置について、図5を参照して説明する。

【0006】図5は、従来の、第1の論文に述べられている三次元形状測定装置の構成を示す図である。

【0007】図5に示す三次元形状測定装置100には、光源110と、集光レンズ12と、平面変調器120と、投影レンズ13と、結像レンズ14と、平面復調器130と、CCDカメラ140と、変調/復調信号発生器16とが備えられている。平面変調器120および平面復調器130には、変調/復調信号発生器16からの信号が入力される。

【0008】光源110から射出された光は、集光レンズ12で集光されて平面変調器120に入射される。この平面変調器120は、ポッケルズセルに代表されるような、入力された信号に応じて屈折率が変化する結晶(電気光学結晶)とその結晶を挟んで配置された2つの偏光子とを備えた光変調器の1つである。平面変調器120に入射された光は、1つ目の偏光子で偏光され、変

調／復調信号発生器16からの信号に応じて屈折率が変化している結晶でその偏光状態が変化し、さらに2つ目の偏光子で偏光されることにより強度変調が施される。強度変調が施された光は投影レンズ13に入射される。投影レンズ13は、強度変調された光を被測定体20に照射する。被測定体20からの反射光は、結像レンズ14を介して平面復調器130に入射される。平面復調器130は、平面変調器120と同様な、結晶とその結晶を挟んで配置された2つの偏光子とを備えた構成であり、この平面復調器130に入射された光は、1つ目の偏光子、変調／復調信号発生器16からの信号に応じて屈折率が変化している結晶、2つ目の偏光子を介して強度復調が施され、CCDカメラ140上に結像する。このようにして、CCDカメラ140で被測定体20各部の距離に応じた濃淡画像が撮影される。この濃淡画像には、被測定体20までの距離に起因する位相情報が含まれており、このような濃淡画像をパーソナルコンピュータ30で処理することにより、1回の撮影で被測定体20各部までの距離データを得ることができる。

【0009】また、論文「The Emerging Versatility of a Scannless Range Imager」(SPIE Vol. 2748 1996年、47～59ページ参照)に、図5に示す三次元形状測定装置とは異なる第2の三次元形状測定装置が述べられている。以下、この論文(第2の論文と称する)に述べられている三次元形状測定装置について、図6を参照して説明する。

【0010】図6は、従来の、第2の論文に述べられている三次元形状測定装置の構成を示す図である。

【0011】図6に示す三次元形状測定装置200は、図5に示す三次元形状測定装置100と比較すると、光源110に代えて半導体レーザ11が用いられている点と、平面変調器120が備えられていない点と、平面復調器130に代えてイメージンシファイア210が用いられている点が異なっている。

【0012】半導体レーザ11は、変調／復調信号発生器16からの信号で強度変調された光を射出する。半導体レーザ11から射出された強度変調光は、集光レンズ12で集光されて投影レンズ13に入射され、投影レンズ13によって被測定体20に照射される。被測定体20からの反射光は、結像レンズ14を介してイメージンシファイア210に入射される。イメージンシファイア210には、変調／復調信号発生器16からの信号が入力されるゲインコントローラ端子が備えられており、イメージンシファイア210では、このゲインコントローラ端子に入力された信号に応じて、入射された反射光を強度復調してCCDカメラ140上に結像する。このようにして、CCDカメラ140で被測定体20の濃淡画像が撮影される。さらに、CCDカメラ140で撮影された濃淡画像をパーソナルコンピュ

ータ30で処理することにより、1回の撮影で被測定体20各部までの距離データを得ることができる。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】しかし、従来の、図5に示す三次元形状測定装置100では、平面変調器120および平面復調器130に用いられている結晶は高価なものであるため、装置がコストアップするという問題がある。

【0014】また、従来の、図6に示す三次元形状測定装置200では、イメージンシファイア210自体が高価なものであるため、装置がやはりコストアップするという問題がある。

【0015】本発明は、上記事情に鑑み、コストの低減化を図られた三次元形状測定装置を提供することを目的とする。

【0016】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成する本発明の三次元形状測定装置は、強度変調された光を射出する光源と、その光源から射出された強度変調光を被測定体に照射するための投影レンズと、複数の光センサが配列されてなる受光面を有する受光部と、被測定体からの反射光を上記受光面に結像させる結像レンズと、上記受光部で得られた受光信号に基づいて被測定体各部までの距離分布を求める距離分布演算部とを備えた三次元形状測定装置において、上記受光部が、隣接する2つの光センサの受光信号どうしの差分を求める差分回路を備えたものであることを特徴とする。

【0017】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態について説明する。

【0018】図1は、本発明の一実施形態の三次元形状測定装置の構成を示す図である。

【0019】尚、前述した図6に示す三次元形状測定装置200の構成要素と同一の構成要素には同一の符号を付し、重複説明は省く。

【0020】図1に示す三次元形状測定装置10には、半導体レーザ11と、集光レンズ12と、投影レンズ13と、結像レンズ14と、受光部15と、変調／復調信号発生器16と、距離分布演算部17とが備えられている。

【0021】受光部15は、詳細は後述するが、複数のフォトダイオード(本発明にいう光センサの一例)が配列されてなる受光面を有し、この受光部15には、隣接する2つのフォトダイオードの受光信号どうしの差分を求める差分回路が備えられている。距離分布演算部17は、受光部15からの受光信号に基づいて被測定体20各部までの距離分布を求めるものである。以下、三次元形状測定装置10の概略動作について説明する。

【0022】半導体レーザ11から射出された強度変調光は、集光レンズ12で集光され投影レンズ13で被測

定体 20 に照射される。被測定体 20 からの反射光は、結像レンズ 14 で受光部 15 の受光面に結像される。受光部 15 は、後述するようにして、受光面に結像された光に基づいて受光信号を出力する。出力された受光信号は距離分布演算部 17 に入力される。距離分布演算部 17 では、受光部 15 からの受光信号に基づいて被測定体 20 各部までの距離分布を求める。この距離分布をパーソナルコンピュータ 30 で処理することにより、1 回の撮影で被測定体 20 各部までの距離データを得ることができる。

【0023】図 2 は、図 1 に示す受光部の回路図である。

【0024】図 2 に示す受光部 15 には、その受光部 15 の受光面に配列された複数のフォトダイオード 151 (図 2 では例示的に 2 つのフォトダイオード 151 を示す) と、複数のフォトダイオード 151 のうちの隣接する 2 つのフォトダイオード 151 の受光信号どうしの差分を求める差分回路 152 と、ハイパスフィルタ (HPF: High Pass Filter) 153 と、ピークホールド回路 (本発明にいう信号変換回路の一例) 154 と、電流変換回路 155 と、スイッチ 157 と、電荷蓄積回路 (本発明にいう積分回路の一例) 157 とが備えられている。

【0025】受光部 15 の受光面の、図 2 に示す地点 n 、 $n+1$ に入射された光は、隣接して配列された 2 つのフォトダイオード 151 で受光信号に変換されて差分回路 152 に入力される。差分回路 152 は、入力された受光信号どうしの差分を求め、その差分をあらわす差分信号を出力する。この差分信号は、ハイパスフィルタ 153 で DC 成分がカットされ、オペアンプ 154 a、ダイオード 154 b、コンデンサ 154 c からなるピークホールド回路 154 に入力される。ピークホールド回路 154 では、入力された差分信号の振幅のピーク値を保持する。保持されたピーク値、即ち直流電圧は小さいため、電流変換回路 155 で一旦電流に変換し、所定時間オン状態が保持されるスイッチ 156 を経由して電荷蓄積回路 157 のコンデンサ 157 a に電荷を蓄積することにより直流電圧を大きくする。このようにして、差分回路 152 から出力された差分信号のうちの高周波成

分の振幅を検出し所定の大きさの直流電圧を得、この直流電圧を受光部 15 から受光信号として出力する。

【0026】図 3 は、図 2 に示す受光部とは異なる受光部の回路図である。

【0027】図 3 に示す受光部 18 は、図 2 に示す受光部 15 と比較すると、ピークホールド回路 154 が整流回路 160 に置き換えられた点が異なっている。この整流回路 160 は、抵抗 160 a とダイオード 160 b からなる半波整流回路であり、ハイパスフィルタ 153 からの信号を整流して電流変換回路 155、スイッチ 156 を経由して電荷蓄積回路 157 のコンデンサ 157 a に所定時間電荷を蓄積することによって所定の大きさの直流電圧を得る。このようにして、受光部 15 から受光信号を出力してもよい。

【0028】再び図 1 に戻って説明を続ける。半導体レーザー 11 から射出される強度変調光は、変調の角周波数を ω 、強度変調光の振幅を $2a$ とすると、次のように表わされる。

$$【0029】 I_0 = a(\sin \omega t + 1) \cdots (1)$$

被測定体 20 までの距離を $0 \sim 2.5$ m とすると、必要とされる変調周波数は 30 MHz となる。被測定体 20 上のある点での反射係数を C_n とすると、その点で反射され受光部 15 の受光面上に結像された地点 n に入射する光の強度は次のように表わされる。

$$【0030】$$

$$A_n = C_n \cdot a[\sin(\omega t + \phi_n) + 1] \cdots (2)$$

その隣の地点 $n+1$ に入射する光の強度は次のように表わされる。

$$【0031】$$

$$A_{n+1} = C_{n+1} \cdot a[\sin(\omega t + \phi_{n+1}) + 1] \cdots (3)$$

ここで ϕ_n は、受光部 15 の受光面上に入射する光の、半導体レーザー 11 からの飛行距離に起因する位相遅れである。

【0032】(半導体レーザー 11 - 被測定体 20) + (被測定体 20 - 受光部 15) 間の距離を l とすると、 $\phi_n = \omega l / C \cdots (4)$ ただし、 C は光速

隣接する 2 地点間の差分は次のように表わされる。

$$【0033】$$

$$【数 1】$$

$$\begin{aligned}
 \Delta A_{n+1} &= A_{n+1} - A_n \\
 &= (C_{n+1} a \sin(\omega t + \phi_{n+1}) - C_n a \sin(\omega t + \phi_n)) + (C_{n+1} - C_n) a \\
 &= (C_{n+1} a \cos \phi_{n+1} - C_n a \cos \phi_n) \sin \omega t \\
 &\quad + (C_{n+1} a \sin \phi_{n+1} - C_n a \sin \phi_n) \cos \omega t + (C_{n+1} - C_n) a \\
 &= \sqrt{(C_{n+1} a \cos \phi_{n+1} - C_n a \cos \phi_n)^2 + (C_{n+1} a \sin \phi_{n+1} - C_n a \sin \phi_n)^2} \sin(\omega t + \theta) + (C_{n+1} - C_n) a \\
 &= \sqrt{(C_{n+1} a)^2 + (C_n a)^2 - 2 C_{n+1} C_n a^2 \cos(\phi_{n+1} - \phi_n)} \sin(\omega t + \theta) + (C_{n+1} - C_n) a \quad \dots (5)
 \end{aligned}$$

ただし、

$$\tan \theta = \frac{C_{n+1} a \sin \phi_{n+1} - C_n a \sin \phi_n}{C_{n+1} a \cos \phi_{n+1} - C_n a \cos \phi_n}$$

(5) 式はDC成分 $(C_{n+1} - C_n) a$ および、高周波成分

$$\sqrt{(C_{n+1} a)^2 + (C_n a)^2 - 2 C_{n+1} C_n a^2 \cos(\phi_{n+1} - \phi_n)} \sin(\omega t + \theta)$$

の和となる。

【0034】振幅項の中に現れる $C_{n+1} a$ および $C_n a$ は強度変調しない光を照射したときの反射光成分であるので、あらかじめ測定しておくことが可能である。従って、位相差情報 $\phi_{n+1} - \phi_n$ を獲得するには高周波成分の振幅を検出できればよい。上述したハイパスフィルタ153によりDC成分 $(C_{n+1} - C_n) a$ をカットし、ピークホールド回路154（もしくは整流回路160）により高周波成分の振幅を検出することにより、受光部15から受光信号を得る。

【0035】ここで、強度変調が施されない光を被測定体20に照射したときの撮影データをあらかじめ測定し

ておき、この撮影データを距離分布演算部17で参照することにより、隣り合う地点間の位相差情報 $\phi_{n+1} - \phi_n$ を得る。これにより各地点の相対的な位相情報、即ち距離分布を順次算出する。この情報から（4）式を用いて被測定体20上の全ての点の相対距離を算出する。このようにして、被測定体20各部までの距離を測定する。

【0036】図4は、フォトダイオードと差分回路の接続の一例を示す図である。

【0037】受光部15の受光面に並ぶフォトダイオード151は、差分回路152を介在させるとともに、差分回路1521つだけを介在させて隣接するフォトダイ

オード 151 以外のフォトダイオード 151 どうしの場合にはさらに他のフォトダイオード 151 を介在させて全て接続されてなるものである。具体的には、受光部 15 の受光面に並ぶフォトダイオード 151 は、差分回路 152 を介して、図 3 の水平方向に全て接続されている。こうすることにより、水平方向に隣接するフォトダイオード 151 間の受光信号の差分を検出することができる。尚、受光面に並ぶフォトダイオード 151 を、差分回路 152 を介して、垂直方向あるいは斜め方向に接続した場合も同様にして、垂直方向あるいは斜め方向に隣接するフォトダイオード 151 間の受光信号の差分を検出することができる。また、最左端のフォトダイオード 151 は、最左端の差分回路 152 を介して垂直方向に全て接続されており、最左端の差分回路 152 は、垂直方向に隣接するフォトダイオード 151 間の受光信号の差分を検出する。こうすることにより、差分値から各画素の位相を順次算出するにあたり、接続性を保つことができ、従って被測定体 20 上の全ての点における相対距離を算出することができる。

【0038】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の三次元形状測定装置は、強度変調された光を射出する光源と、受光面に配列された複数の光センサのうちの隣接する 2 つの光センサの受光信号どうしの差分を求める差分回路を有する受光部を備えたものであるため、強度変調された光を被測定体に照射し、照射された被測定体からの反射光に基づいて、被測定体各部までの距離を測定するにあたり、従来の、高価な結晶を用いた光強度変調器／光強度復調器や、装置自体が高価なイメージインテンシティファイアを必要とせず、コストの低減化が図られる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の一実施形態の三次元形状測定装置の構成を示す図である。

【図 2】図 1 に示す受光部の回路図である。

【図 3】図 2 に示す受光部とは異なる受光部の回路図である。

【図 4】フォトダイオードと差分回路の接続の一例を示す図である。

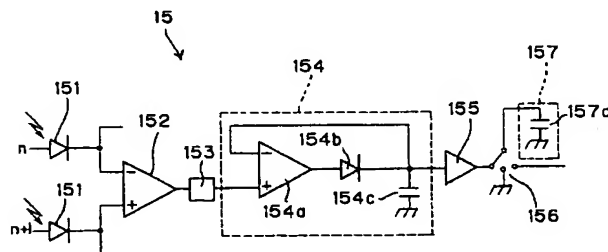
【図 5】従来の、第 1 の論文に述べられている三次元形状測定装置の構成を示す図である。

【図 6】従来の、第 2 の論文に述べられている三次元形状測定装置の構成を示す図である。

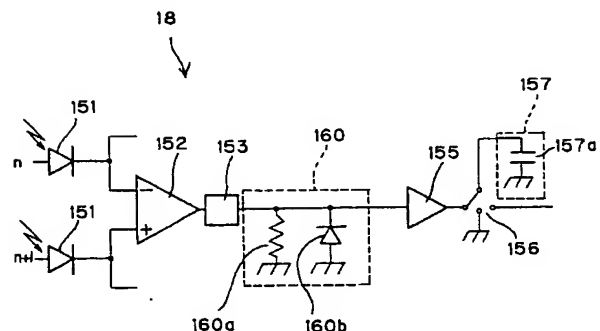
【符号の説明】

- 10 三次元形状測定装置
- 11 半導体レーザ
- 12 集光レンズ
- 13 投影レンズ
- 14 結像レンズ
- 15, 18 受光部
- 16 変調／復調信号発生器
- 17 距離分布演算部
- 20 被測定体
- 30 パーソナルコンピュータ
- 151 フォトダイオード
- 152 差分回路
- 153 ハイパスフィルタ
- 154 ピークホールド回路
- 154 a オペアンプ
- 154 b, 160 b ダイオード
- 154 c, 157 a コンデンサ
- 155 電流変換回路
- 156 スイッチ
- 157 電荷蓄積回路
- 160 整流回路
- 160 a 抵抗

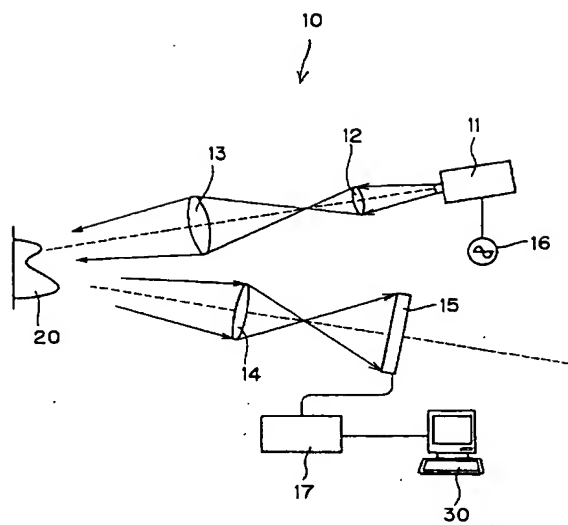
【図 2】



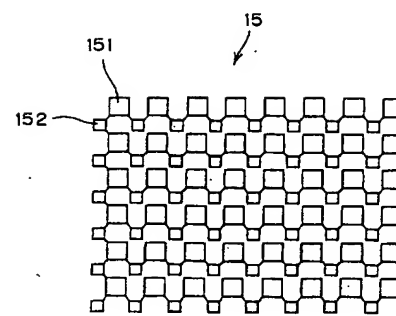
【図 3】



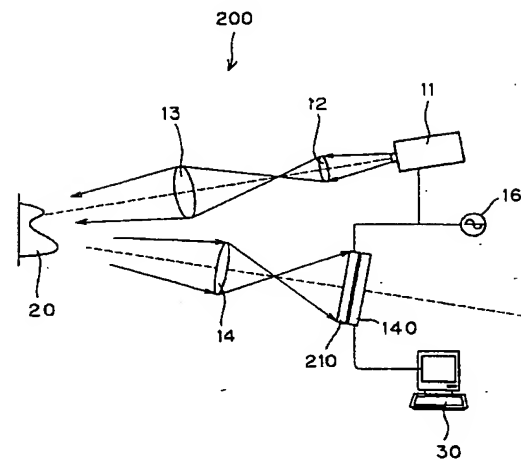
【図1】



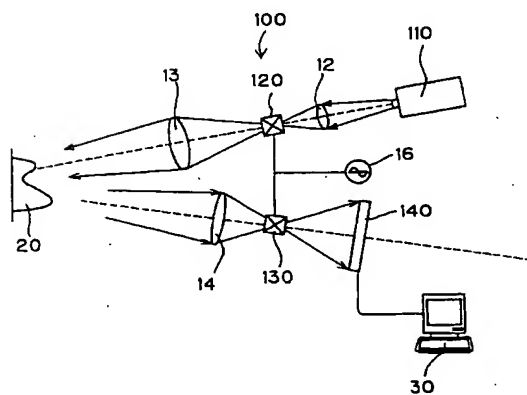
【図4】



【図6】



【図5】



フロントページの続き

F ターム(参考) 2F065 AA04 AA06 AA07 AA53 DD02
 FF01 FF13 GG06 JJ03 JJ26
 LL04 NN05 NN08 PP22 QQ02
 QQ13 QQ14 QQ31 QQ33
 5B057 BA12 BA15 CH08 DA07 DB03
 DC02 DC09 DC32
 5J084 AA04 AA05 AA13 AA20 AD02
 BA04 BA36 BA40 BB02 CA07
 CA24 CA27 CA31 CA44 CA65
 CA67 CA69 DA01 EA31

THIS PAGE BLANK (USPTO)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ **BLACK BORDERS**

☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☒ **FADED TEXT OR DRAWING**

☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**

☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)